



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



## **FORMATO PROPUESTO PARA PRESENTAR DICTÁMENES POR ÁREAS DE ESPECIALIDAD EN RELACIÓN AL NAICM**

Este formato tiene la finalidad de estructurar debidamente una Propuesta de Alternativa con la opinión de las Ingenierías especializadas participantes. En consecuencia, se trata de un formato Sinóptico que se sustenta en los documentos auxiliares analíticos que cada Organización participante haya elaborado. Estos documentos auxiliares y la información soporte podrán ser parte de anexos.

El formato sinóptico tiene el propósito de recoger la información cuantitativa que arrojen los análisis especializados a fin de conjuntar una propuesta única y consensada de uno de los dos proyectos propuestos. Por ello se propone que todos los análisis cualitativos CONCLUYAN CUANTITATIVAMENTE.

### **1.- ESPECIALIDAD DE LA INGENIERÍA DE LA CUAL SE EMITE EL DICTAMEN:**

INGENIERÍA GEOLÓGICA

#### **1.1.- ORGANIZACIÓN PARTICIPANTE:**

COLEGIO DE INGENIEROS GEÓLOGOS DE MÉXICO. A. C.

#### **1.2.- NOMBRES DE INGENIEROS PARTICIPANTES, INDICAR SI ES CERTIFICADO, PERITO O TÍTULO PROFESIONAL:**

ING. GEOL. MARCO VINICIO RODRÍGUEZ GUERRERO	PERITO CERTIFICADO
ING. GEOL. MARIO HERRERA MORO CASTILLO	PERITO CERTIFICADO
ING. GEOL. VIRGILIO CARLOS RODRÍGUEZ LARA	PERITO



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



## **2.-ANTECEDENTES E INFORMACIÓN ESTUDIADA**

### **2.1.- DICTÁMENES ENTREGADOS A UMAI Y ANEXOS DE LA PÁGINA WWW. LOPEZBRADOR.ORG.MX (INDICAR CUÁLES CONSULTÓ SU AGRUPACIÓN).**

LA PRESENTE OPINIÓN TÉCNICA SE SUSTENTA FUNDAMENTALMENTE EN LA EXPERIENCIA DIRECTA QUE NUESTROS INGENIEROS AGREMIADOS DENTRO DEL COLEGIO HAN REALIZADO EN LA ZONA DEL POLÍGONO DONDE SE CONSTRUYE ACTUALMENTE EL NAICM. HASTA EL MOMENTO DE REALIZAR EL PRESENTE DOCUMENTO SE CARECE DE INFORMACIÓN DE TIPO GEOLÓGICA QUE HAYA SIDO CONSIDERADA DENTRO DE LOS ESTUDIOS, QUE PERMITA LA ADECUADA REALIZACIÓN DE UN PROYECTO DE DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS, ASÍ COMO DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA ELEMENTOS COMO PISTAS, TERMINAL, TORRE DE CONTROL Y OTRAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ACTUALMENTE EN DESARROLLO.

ES IMPORTANTE RESALTAR QUE GRAN PARTE DEL PRESENTE DOCUMENTO SE BASA EN INFORMACIÓN ELABORADA POR NUESTROS ESPECIALISTAS MEDIANTE LA CONSULTA DE LA DOCUMENTACIÓN PÚBLICA QUE SE ENCUENTRA COMO SOPORTE A LAS DIFERENTES LICITACIONES PUBLICADAS EN LA PLATAFORMA DE COMPRANET, ASÍ COMO EN LA PÁGINA OFICIAL DEL GRUPO AEROPORTUARIO RESPONSABLE DEL PROYECTO Y EL CONOCIMIENTO QUE SE TIENE DEL ENTORNO GEOLÓGICO DE LA ZONA EN LA QUE SE REALIZARÁ EL PROYECTO.

POR EL TIPO DE ESPECIALIDAD DE NUESTRO COLEGIO, EL PRESENTE DOCUMENTO SE LIMITA ESPECÍFICAMENTE A PRESENTAR UNA OPINIÓN TÉCNICA RESPECTO AL MANEJO QUE SE PROPUSO Y SE APLICÓ EN LOS TRABAJOS DE RELLENO PARA NIVELACIÓN DEL TERRENO, COLOCACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS PARA APLICACIÓN DE LA PRECARGA CUYO OBJETIVO SERÍA LA CONSOLIDACIÓN DEL SUELO SUPERFICIAL Y LA COLOCACIÓN DE PILOTES Y UNA LOSA DE CONCRETO PARA LA CIMENTACIÓN DE LA TERMINAL AÉREA.

CABE SEÑALAR QUE LA PRESENTE OPINIÓN TÉCNICA SE DEBERÁ CONCEPTUALIZAR DENTRO DE UN ANÁLISIS DE RIESGO DE TIPO GEOLÓGICO TAL Y COMO DEBERÍA HABERSE CONTEMPLADO Y DAR CUMPLIMIENTO A LOS LINEAMIENTOS DE PROTECCIÓN CIVIL.



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



POR INFORMACIÓN DEL ENCARGADO DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN CIVIL DEL GRUPO AEROPORTUARIO, NO SE CONTABA CON UN PLAN DE ACCIONES EN PROTECCIÓN CIVIL, NO OBSTANTE CONOCER QUE UNO DE LOS GRANDES PROBLEMAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL NAICM, ES LA FALTA DE CAPACIDAD E INESTABILIDAD EN EL SUELO DE SUSTENTO.

EN ESE SENTIDO EL PRESENTE DOCUMENTO ABORDA Y APORTA UNA VISIÓN MÁS ACERCA DEL GRAN PROBLEMA QUE AQUEJA A MUCHOS PROYECTOS EN NUESTRO PAÍS Y QUE INCIDE DIRECTAMENTE EN LA **“SUSTENTABILIDAD”** DE LAS CONSTRUCCIONES, LO ES **“EL RIESGO GEOLÓGICO”**, EVALUACIÓN QUE DETERMINA OTRO ASPECTO PRIMORDIAL DENTRO DEL PROYECTO DEL NAICM, EL **“RIESGO GEOTÉCNICO”**.

POR LO TANTO, A CONTINUACIÓN, SE ENLISTAN DIVERSOS SOPORTES DOCUMENTALES CONSULTADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO:

- ✓ **PROYECTO DE LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL BAJO LA COBERTURA DE TRATADOS, PRESENCIAL DE PUNTOS Y PORCENTAJES PO-009KDH999-N92-2015 “SISTEMA DE PRECARGA E INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA PISTA NO. 2 Y TÚNELES DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO”.**
- ✓ **INFORME DE ANÁLISIS DE PILOTES DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO, FOSTER & PARTNERS/ FR-EE JV. VERSIÓN 1/ 25 DE NOVIEMBRE DE 2015.**
- ✓ **INFORME DEL ANÁLISIS DE PILOTES PARA LA TERMINAL Y EL CENTRO DE TRANSPORTACIÓN TERRESTRE. FOSTER & PARTNERS/ FR-EE JV. VERSIÓN 2/ 29 DE ENERO DE 2016.**
- ✓ **REPORTE DE DISEÑO GEOTÉCNICO PRELIMINAR, FP-FREE S. DE R. L. DE C. V., 14 DE DICIEMBRE DE 2015.**
- ✓ **MODELO DINÁMICO 3D, BASADO EN LA INFORMACIÓN EXPLORATORIA DE LA CFE REALIZADA EN EL POLÍGONO DE CONSTRUCCIÓN DEL NAICM, 2015.**
- ✓ **MODELO DINÁMICO 3D, BASADO EN LA INFORMACIÓN EXPLORATORIA DE LA EMPRESA FP-FREE S. DE R. L. DE C. V., PARA EL DISEÑO DE PILOTES Y LOSA DE CIMENTACIÓN DE LA TERMINAL AÉREA. 2016.**



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



### **3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1.- PRINCIPALES INCONVENIENTES ENTRE LAS DOS PROPUESTAS**

##### **3.1.2.- NAICM**

- CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y SUBSUELO.
- MAYOR COSTO DE CONSTRUCCIÓN, EL CUAL SE HA INCREMENTADO DE \$169,000 MILLONES DE PESOS EN EL AÑO 2014 A \$300,000 MILLONES DE PESOS A LA FECHA ACTUAL.
- ALTOS COSTOS DE MANTENIMIENTO, AÚN POR DETERMINAR.
- RETRASO DE AL MENOS CUATRO AÑOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL AEROPUERTO, ASÍ COMO MAYOR RIESGO EN EL INICIO DE OPERACIONES.
- CIERRE DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL “BENITO JUÁREZ” DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y DE LA BASE AÉREA MILITAR DE SANTA LUCÍA, POR RAZONES DE ÍNDOLE AERONÁUTICA.
- INCREMENTOS EN LAS TARIFAS AEROPORTUARIAS Y SU REPERCUSIÓN EN EL PRECIO DEL PASAJE
- TRANSFORMACIÓN DEL LAGO NABOR CARRILLO, PARA CONVERTIRLO EN LAGUNA DE REGULACIÓN DE INUNDACIONES POR EL RIESGO AVIAR Y OTROS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS.

##### **3.1.3.- BENITO JUÁREZ Y SANTA LUCÍA. OPERACIÓN SIMULTÁNEA DE LOS DOS AEROPUERTOS.**

- EL DICTAMEN DE MITRE, ORGANIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE SISTEMAS AVANZADOS DE AVIACIÓN, CUYO ORIGEN ES EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS (MIT), CONTRATADO POR LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES PARA EL ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL ESPACIO AÉREO PARA EL NUEVO AEROPUERTO DE MÉXICO, INDICA QUE LA OPERACIÓN SIMULTÁNEA DE LOS DOS AEROPUERTOS BENITO JUÁREZ Y SANTA LUCÍA, NO ES VIABLE.
- ANTE ESTE DICTAMEN, TÉCNICOS MEXICANOS Y UN GRUPO DE TÉCNICOS CHILENOS QUE HA COLABORADO CONSIDERAN POR EL CONTRARIO QUE SÍ ES VIABLE, SEÑALAN, SIN EMBARGO, LA NECESIDAD IMPERIOSA DE UN ESTUDIO A



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



PROFUNDIDAD REALIZADO POR OTRA AGENCIA INTERNACIONAL DE PRESTIGIO, PARA CONFIRMAR SU AFIRMACIÓN.

- EL ESTUDIO ANTERIOR, TOMARÍA DEL ORDEN DE CINCO MESES Y TENDRÍA UN COSTO ESTIMADO ENTRE 150 Y 200 MILLONES DE PESOS.
- TENER OPERACIONES SEPARADAS ENTRE DOS AEROPUERTOS, GENERARÍA INCREMENTO DE COSTOS DE OPERACIÓN PARA LAS AEROLÍNEAS, ASÍ COMO POSIBLES INCOMODIDADES PARA LOS PASAJEROS.
- COSTOS POR LA CANCELACIÓN DE LA OBRA EN PROCESO, POR LAS INVERSIONES QUE SE HAN REALIZADO EN TEXCOCO SON DEL ORDEN DE \$100,000 MILLONES DE PESOS, 60 MIL DE LAS OBRAS REALIZADAS Y 40 MIL POR GASTOS NO RECUPERABLES DE CONTRATOS FIRMADOS.
- IMPLICARÍA NEGOCIACIONES CON ACREEDORES Y CONTRATISTAS Y COSTOS QUE TENDRÍAN UN IMPACTO CONSIDERABLE EN EL PRESUPUESTO 2019, POR ACCELERACIÓN EN EL PAGO DE LOS COMPROMISOS FINANCIEROS.
- POSIBLE IMPACTO NEGATIVO EN LOS MERCADOS FINANCIEROS.

#### 4.- ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS (EN BASE A LA ESPECIALIDAD DE CADA AGRUPACIÓN)

##### 4.1.- PERTINENCIA DE LAS OPINIONES PRESENTADAS.

CON RESPECTO A LA PERTINENCIA DE CONTINUAR CON LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DEL NAICM EN EL SITIO ACTUAL (TEXCOCO), **CABE SEÑALAR QUE DE ACUERDO AL ANÁLISIS REALIZADO POR NUESTROS ESPECIALISTAS, SE DEBERÁ CONTINUAR CON LOS TRABAJOS**, YA QUE DE ACUERDO A LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DISEÑADOS, PROPUESTOS Y APLICADOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE LA FALTA DE CAPACIDAD DEL SUELO DE SUSTENTO, LA ALTERACIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS AL SUELO EN LAS DIMENSIONES REQUERIDAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PISTAS 2 Y 3, TORRE DE CONTROL, TERMINAL AÉREA, ASÍ COMO LAS DEMÁS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA NECESARIA, NO SOLO HAN AUMENTADO LA VULNERABILIDAD FÍSICA DEL TERRENO DENTRO DEL POLÍGONO DEL



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



NAICM, SINO TAMBIÉN, EN ZONAS DE ALREDEDOR DEL MISMO, LO CUAL, AUMENTARÁ LOS RIESGOS POR ASENTAMIENTO DIFERENCIAL Y AGRIETAMIENTO EN ZONAS URBANAS Y TERRENOS COLINDANTES AL NAICM.

LAS TRANSFORMACIONES EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, NO SOLO HAN GENERADO QUE LAS CONSTRUCCIONES HAYAN REQUERIDO LA REALIZACIÓN DE DIVERSAS PRUEBAS QUE NO SOLO GENERAN GASTOS EXTRAORDINARIOS, SINO TAMBIÉN, MAYOR TIEMPO EN LA DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS. ESTAS TRANSFORMACIONES, LAS CUALES, NO HAN SIDO EVALUADAS EN CUANTO A LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TIPO GEOTÉCNICO, LOS CUALES, DE ACUERDO CON LA REVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN REVISADA, NO GARANTIZAN EL COMPORTAMIENTO ADECUADO DE LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS QUE CONFORMA LA MAGNA OBRA, PERO SI DETERMINAN EL **AUMENTO POTENCIAL DEL RIESGO DE TIPO GEOLÓGICO EN LA ZONA.**

ESTE ÚLTIMO SUPUESTO, SE BASA EN QUE, AL CAMBIAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN EL SUELO, (YA QUE SE REQUIERE LA CONSOLIDACIÓN DE ESTE, PARA LO CUAL, SE REALIZÓ LA EXTRACCIÓN DE AGUA HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 16.00 METROS MEDIANTE DRENES VERTICALES Y LA APLICACIÓN DE UNA PRECARGA PARA HUNDIR DE MANERA “HOMOGÉNEA” AL TERRENO EN EL SUELO DE SUSTENTO DE LAS PISTAS 2 Y 3), SE BRINDARÁN LAS CONDICIONES PROPICIAS PARA QUE SE PRESENTEN PROCESOS DE RIESGO ASOCIADOS AL CAMBIO EN EL pH Y EN EL CONTENIDO DE AGUA , ASÍ COMO, EL AUMENTO DE OXÍGENO EN EL SUELO Y, POR LO TANTO, SE ESPERA LA PRESENCIA DE NUEVAS AMENAZAS QUE DEBIERON SER PREVISTAS MEDIANTE EL CUMPLIMIENTO DE UN ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO QUE ACTUALMENTE EN EL PROYECTO DEL NAICM, NO EXISTE.

*POR LO QUE, EN CASO DE QUE SE DEFINA EL ABANDONO DEL PROYECTO DEL NAICM EN EL SITIO ACTUAL, SE DEBERÁ IMPLEMENTAR UN PROCEDIMIENTO QUE NO FUE CONSIDERADO PARA LA REALIZACIÓN DE DICHO PROYECTO **“EL MEJORAMIENTO DEL SUELO”.***

**4.1.1. LA FUNDAMENTACIÓN QUE SUSTENTA LAS OPINIONES DE LA ALTERNATIVA TEXCOCO ES LA SIGUIENTE:**



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



DURANTE LAS DIFERENTES VISITAS AL TERRENO DONDE SE CONSTRUYE LA TERMINAL AÉREA, FUE POSIBLE OBSERVAR LA PRESENCIA DE PROCESOS DE RIESGO TALES COMO; HUNDIMIENTO DIFERENCIAL, AGRIETAMIENTO, COLAPSOS Y UNA IMPORTANTE ACTIVIDAD ELUVIAL, EVIDENCIADA POR ÁMPULAS DE DIVERSOS TAMAÑOS LAS CUALES, CONTIENEN AGUA Y PRESENCIA DE BIOGÁS.

ANTE ESTE ESCENARIO SE COMPROBÓ LA PRESENCIA DE LOS DOS ELEMENTOS MÁS IMPORTANTES QUE CONSTITUYEN AL SUELO DENTRO DEL ÁREA DEL POLÍGONO: LA MATERIA ORGÁNICA Y EL BIOGÁS, RAZÓN POR LA QUE SE PROCEDIÓ A REALIZAR LA TOMA DE MUESTRAS EN DOS SITIOS A LA PROFUNDIDAD DE -4,50 METROS. A ESTAS SE LES REALIZARON PRUEBAS TANTO FÍSICAS, COMO QUÍMICAS CON EL OBJETO DE DETERMINAR EL TIPO DE COMPONENTE Y SU PORCENTAJE EN EL SUELO.



EN LA FIGURA SE MUESTRAN ALGUNOS DE LOS PROCESOS DE RIESGO EXISTENTES EN EL TERRENO.



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



Aplicación: ROCAS												
Componente	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3t	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	PXC	Suma
Unidad	Masa %	Masa %	Masa %	Masa %	Masa %	Masa %	Masa %	Masa %	masa%	masa %	masa %	masa %
P3 M12 (1 y 4) 3.80-4.15 2015	41.23	0.403	7.91	2.725	0.051	7.60	7.42	7.52	2.37	0.138	20.61	97.97

TABLA 1.

EN LA TABLA No. 1. SE MUESTRA EL RESULTADO OBTENIDO EN EL LABORATORIO DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE LA UNAM A UNA DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS. EN ELLA POSIBLE OBSERVAR QUE EL CONTENIDO DE MINERALES FINOS COMO LIMOS Y ARCILLAS ES RELATIVAMENTE BAJO (41.23%), MIENTRAS QUE EL CONTENIDO DE MATERIAL ORGÁNICO ES SUMAMENTE ALTO (20.61%).

OTRO DE LOS RESULTADOS RELEVANTES OBTENIDOS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS, FUE EL REGISTRO DE UN ALTO CONTENIDO DE SÍLICE DISUELTO EN EL AGUA LO QUE GENERA UN EFECTO DE BURBUJA DE ENCAPSULAMIENTO DEL AGUA QUE EN SU CONJUNTO PRODUCE UNA DISMINUCIÓN IMPORTANTE EN LOS FLUJOS DE AGUA EN EL SUBSUELO. ESTE ENCAPSULAMIENTO DE AGUA, ESTA ASOCIADO A LA GENERACIÓN DE GRIETAS EN EL TERRENO, ES LA CONDICIÓN QUE GENERA LA SALIDA DE SALES Y BIOGÁS HACIA LA PARTE SUPERFICIAL.



FOTOGRAFÍAS QUE MUESTRAN LOS ALTOS CONTENIDOS DE BIOGÁS Y SÍLICE EXISTENTES EN EL SUBSUELO.





UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



OTRO RESULTADO SIGNIFICATIVO REGISTRADO EN LAS MUESTRAS, FUE EL CONTENIDO DE SULFATOS Y CLORO EXISTENTES EN EL SUELO. ADEMÁS ES DE GRAN RELEVANCIA MENCIONAR QUE EL PARÁMETRO DE DENSIDAD, RESULTO SER MENOR QUE LA DEL AGUA.

	SO <sub>3</sub>	Cl
	masa%	masa%
P3 M-12(1-4) 3.80-4.15 2015	1.35	5.14

TABLA No. 2

Muestra	Densidad Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidad de Partículas g/cm <sup>3</sup>
P3, M12, 1, 3.80-4.15		
P3, M12, 4, 3,80-4.15	0.86	2.71

LA DENSIDAD OBTENIDA DURANTE LOS TRABAJOS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO SUPERFICIAL DENTRO DEL POLÍGONO, SIN LUGAR A DUDA HA SIDO UN FACTOR FUNDAMENTAL DENTRO DE LA PROBLEMÁTICA GEOTÉCNICA, YA QUE SE HAN TENIDO QUE REALIZAR PRUEBAS PARA ESTABILIZAR AL SUELO MEDIANTE LA TÉCNICA DE **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON TECNOLOGÍA AL VACÍO”**, LA CUAL, TUVO COMO OBJETIVO LA DENSIFICACIÓN DEL SUELO.

ESTA DENSIFICACIÓN SE DEBE ENTENDER COMO UN CAMBIO EN LA ESTRUCTURA DEL SUELO POR EXTRACCIÓN DE LÍQUIDOS Y GASES EXISTENTES EN EL SUELO.

LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTA TECNOLOGÍA JUNTO CON LA COLOCACIÓN DE DRENES VERTICALES PARA LA APLICACIÓN DE LA PRECARGA, HAN SIDO LAS DOS PRINCIPALES TÉCNICAS CUYO OBJETIVO ES LA CONSOLIDACIÓN DEL SUELO MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE LA ABUNDANTE CANTIDAD DE AGUA CONTENIDA EN EL SUELO, CUYA SATURACIÓN EN LA FORMACIÓN ARCILLOSA SUPERIOR (FAS) VARÍA ENTRE 310 Y 215%.



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



DE ACUERDO A LO OBSERVADO DURANTE LA EXPLORACIÓN, ASÍ COMO, POR LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE PERMEABILIDAD REALIZADAS POR LA EMPRESA PROYECTISTA (TASANA, 2016), EL VALOR DE PERMEABILIDAD OSCILA ENTRE  $5.4 \times 10^{-9}$  COMO MÁXIMO Y  $1.6 \times 10^{-10}$  COMO MÍNIMO EN LA FAS, ESTOS RANGOS INDICAN LA FALTA DE FLUJO HIDRODINÁMICO QUE NO HA PERMITIDO LA EXTRACCIÓN DE AGUA DURANTE LA APLICACIÓN DE LAS DOS TÉCNICAS MENCIONADAS, YA QUE ESTE SUELO ES DE POCO PERMEABLE A IMPERMEABLE.

LOS POTENTES ESTRATOS DE SUELOS FINOS SON CARACTERÍSTICOS DE LOS SUELOS LACUSTRES, COMPARTEN CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS PROPIAS, EN CONSECUENCIA, SE ESPERAN PROBLEMAS SIMILARES CON EL PASO DEL TIEMPO.

LA PRESENCIA DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES (LOCAL Y REGIONAL), COMO EL AGRIETAMIENTO, DESLIZAMIENTO Y SUBSIDENCIA QUE SON POTENCIALMENTE SUSCEPTIBLES DE OCURRIR DENTRO DEL POLÍGONO EN EL CUAL SE DESARROLLA EL PROYECTO DEL NAICM, HACEN PRECISO, REDEFINIR LA PERSPECTIVA GEOTÉCNICA, AMPLIANDO LOS ALCANCES DE LA MISMA, CON LA INTENCIÓN DE MITIGAR LOS EFECTOS DEL SUELO COMO RESPUESTA A LA ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA, DEFINIDA COMO EXIGENCIAS DE CARGA TANTO ESTÁTICA COMO DINÁMICA, DEBIDAS A LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS E INFRAESTRUCTURA, Y A LA SOBREEXPLOTACIÓN DE RECURSOS HIDRÁULICOS (PARA CONSUMO, INDUSTRIA Y RIEGO).

EN CONSECUENCIA Y SIENDO EL OBJETO DEL PRESENTE DOCUMENTO ESTABLECER UNA OPINIÓN TÉCNICA DEL POTENCIAL DE RIESGO DE TIPO GEOLÓGICO, LA INFORMACIÓN OBTENIDA DIRECTA Y DOCUMENTALMENTE ANTES MENCIONADA, SE COMPLEMENTÓ CON UN DIAGNÓSTICO FÍSICO-QUÍMICO DE LOS PARÁMETROS QUE DETERMINAN DIRECTAMENTE LOS PARÁMETROS FÍSICOS CONSIDERADOS EN LOS DIVERSOS ANÁLISIS GEOTÉCNICOS, EN LOS QUE SE SUSTENTÓ EL DISEÑO DEL TRATAMIENTO DEL SUELO PARA ASEGURAR LA ESTABILIDAD DE LAS CIMENTACIONES DE LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS.

EN ESE SENTIDO, SE REALIZO LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS SIGUIENTES: pH, eH, CONDUCTIBILIDAD, TDS (TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS), SALINIDAD Y TEMPERATURA.

MUESTRA	pH	eH	CONDUCTIBILIDAD	TDS	SALINIDAD	TEMPERATURA
---------	----	----	-----------------	-----	-----------	-------------



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



SUELO NATURAL	10.39	-195.50	33	19.81	20.60	20°
---------------	-------	---------	----	-------	-------	-----

TABLA 4.

DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DIAGNÓSTICO, FUE POSIBLE DETERMINAR QUE EL SUELO DENTRO DEL POLÍGONO DONDE SE CONSTRUYE EL NAICM, TIENE:

- **pH.** SUELOS **FUERTEMENTE ALCALINO** CON ALTA SATURACIÓN DE BASES.
- **eH.** SIENDO UN VALOR NEGATIVO EL SUELO SE ASOCIA A UN **AMBIENTE ANAERÓBICO CON ALTA REDUCCIÓN DE SULFATOS** Y POR EL VALOR OBTENIDO ES POSIBLE SE DE INICIO A LA FASE METANOGENÉTICA. ESTE VALOR CONFIRMA UN CONTENIDO DEL 7% DE BIOGÁS DETERMINADO EN LOS ANÁLISIS REALIZADOS.
- **CONDUCTIBILIDAD.** EL RESULTADO DEFINE QUE SE TRATA DE UN SUELO **SALINO SÓDICO EXTREMO**, POR LO QUE SE DEBE CONSIDERAR LA EXISTENCIA DE ALTA MOVILIDAD DE ELECTRONES.
- **TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS).** EL RESULTADO SE ASOCIA AL **ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA O DE MINERALES NO ESPECIFICADOS**.
- **SALINIDAD.** LA CONCENTRACIÓN EN EL PORCENTAJE OBTENIDO DEFINE AL SUELO COMO UNA **POTENCIAL DISOLUCIÓN INTEMPERIZADORA**.

**DE ACUERDO CON LO ANTES COMENTADO, ES POSIBLE CONCLUIR QUE EL SUELO DENTRO DEL POLÍGONO DONDE SE CONSTRUYE EL NAICM, ES UN SUELO Y SUBSUELO CON UN ALTO POTENCIAL DE INESTABILIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEBIDO**



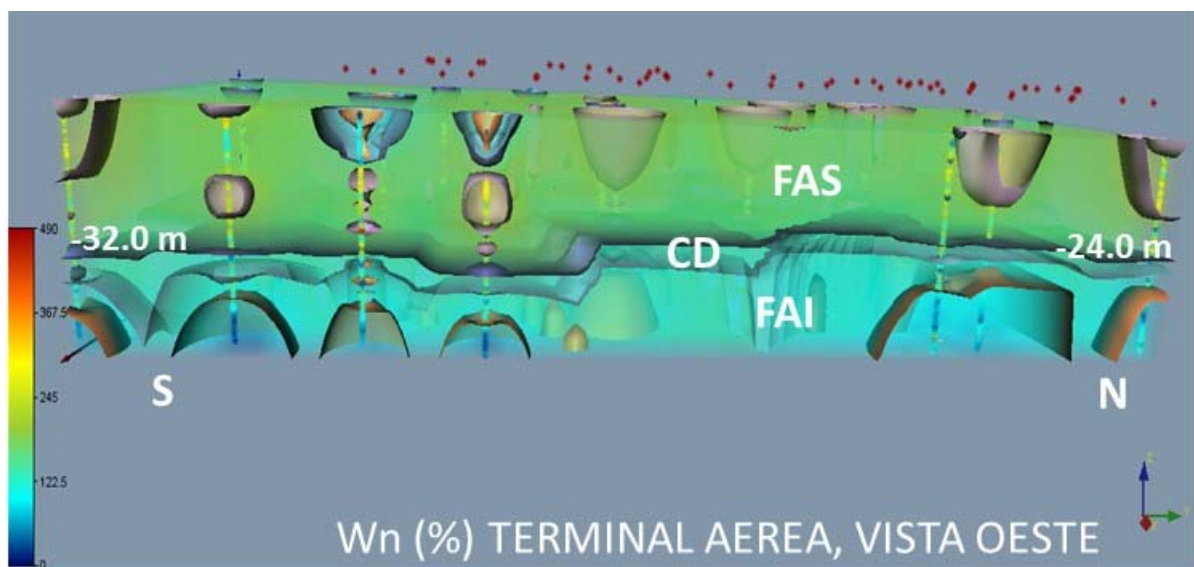
UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



**PRINCIPALMENTE AL ALTO CONTENIDO DE BASES Y ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.**

**LOS ALTOS VALORES DE  $pH$ ,  $eH$ , ASÍ COMO, DEL CONTENIDO DE AGUA, NO PERMITEN LA ADECUADA FORMACIÓN DE MATERIAL ARCILLOSO, ESTE DATO SE CONFIRMA CON LOS PORCENTAJES DE ARCILLA MENOR A 25%. LA FORMACIÓN DE ARCILLAS (SILICO-ALUMINATOS), CORRESPONDE A ENLACES ATÓMICOS DÉBILES, YA QUE LOS PORCENTAJES DE SILICIO ( $SiO_2$ ) Y ALUMINIO ( $Al_2O_3$ ) DISPONIBLES, SON HASTA AHORA SUFICIENTES PARA LA NEO-FORMACIÓN DE ARCILLA DE TIPO MONTMORILLONITA EN SU MAYOR PROPORCIÓN, LO CUAL, AFECTA DIRECTAMENTE A LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUBSUELO EN EL AUMENTO CONSIDERABLE DE LOS VALORES ÍNDICE  $IP$ ,  $LL$  E  $LP$ , (LÍMITES DE ATTERBERG), LOS CUALES SE RELACIONAN DIRECTAMENTE CON EL TIPO DE MINERALES QUE SIRVEN DE ENLACE ENTRE LOS SILICOALUMINATOS QUE CONFORMAN LAS ARCILLAS.**

LA INESTABILIDAD FÍSICOQUÍMICA REGISTRADA DURANTE LOS ANÁLISIS REALIZADOS, REVELAN ADEMÁS QUE EN CONJUNTO A LA FORMACIÓN DE BURBUJAS DE AGUA DEFINEN UNA FORMACIÓN DE HORIZONTES CUYO ESPESOR Y GEOMETRÍA SON MUY HETEROGÉNEOS, LO QUE SE CONFIRMA EN MODELOS 3D REALIZADOS MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE RESULTADOS PRODUCTO DE LAS DIFERENTES CAMPAÑAS EXPLORATORIAS DE TIPO GEOTÉCNICAS REALIZADAS DENTRO DEL POLÍGONO.





UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



FIGURA EN LA QUE SE MUESTRAN LA FORMA EN QUE SE DISTRIBUYE EL AGUA POR DEBAJO DEL TERRENO DONDE SE CONSTRUYE LA TERMINAL AÉREA.

EN LA FIGURA ANTERIOR SE MUESTRAN LAS BURBUJAS DONDE SE CONCENTRA EL AGUA EN EL SUBSUELO, DONDE LA LLAMADA CAPA DURA (CD) LIMITA A LA FORMACIÓN DE ESTAS.

OTRA CONDICIÓN DEFINIDA POR LA IRREGULARIDAD EN LOS MATERIALES DEL SUBSUELO, SE PUEDE OBSERVAR EN EL CONTACTO ENTRE LA FORMACIÓN ARCILLOSA SUPERIOR (FAS) Y LA FORMACIÓN ARCILLOSA INFERIOR (FAI).

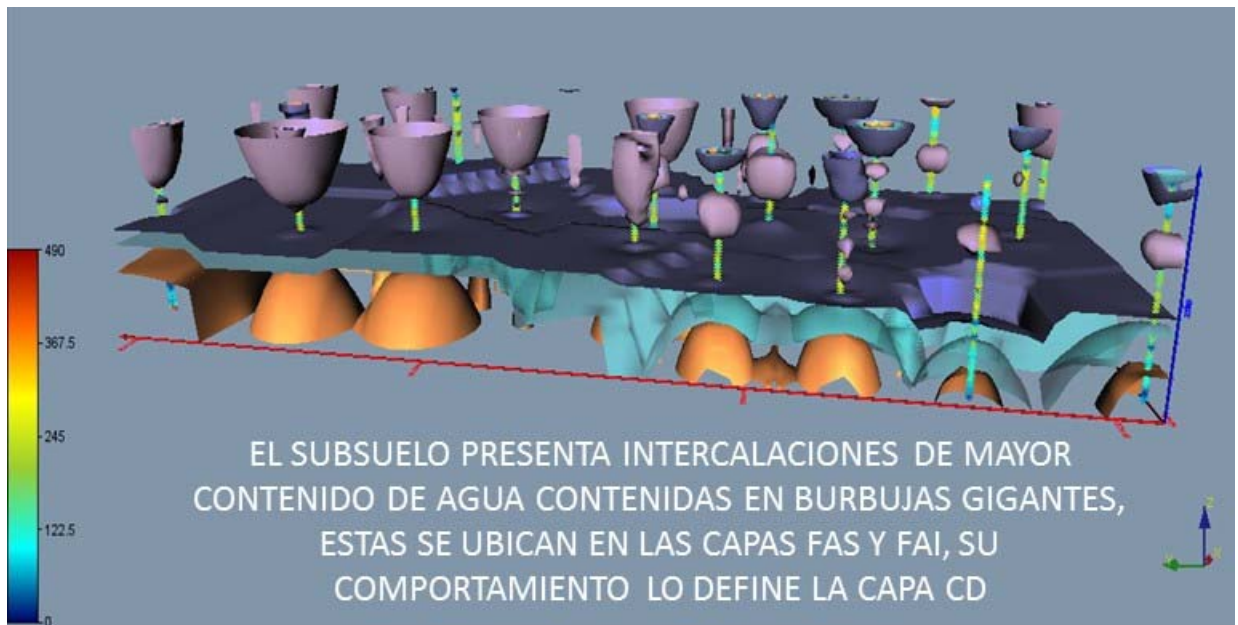


FIGURA CORRESPONDIENTE A LA ZONA DONDE SE CONSTRUYE LA TERMINAL AÉREA.

ESTE CONTACTO ESTA DISPUESTO DE FORMA IRREGULAR PRODUCTO DE LA CONSOLIDACIÓN DIFERENCIAL LLEVADA A CABO DURANTE EL DESARROLLO Y DEPOSITO DE LOS SEDIMENTOS LACUSTRES, TAL Y COMO ES POSIBLE OBSERVAR EN AL FIGURA INMEDIATA ANTERIOR.



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



ESTAS CONDICIONES EMINENTEMENTE GEOLÓGICAS, CONFIGURAN UN ESCENARIO SUMAMENTE VULNERABLE A LOS CAMBIOS QUE HAN SIDO PRODUCTO DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DEL NAICM, QUE DE ACUERDO CON LO ANTES EXPUESTO, EN CASO DE NO REALIZAR EL **MEJORAMIENTO DEL SUELO Y SUBSUELO**, SE PRODUCIRÁN PROCESOS DE RIESGO Y DIVERSOS ACCIDENTES GEOTÉCNICOS QUE AFECTARÁN DIRECTAMENTE A LOS ASENTAMIENTOS URBANOS Y RURALES DE LAS INMEDIACIONES, ASÍ COMO TAMBIÉN, A LAS DIVERSAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA CERCANA A LA ZONA YA IMPACTADA.

COMO YA SE HA HECHO MENCIÓN, EL SUELO Y SUBSUELO DENTRO DEL POLÍGONO DONDE SE CONSTRUYE AL NAICM, PRESENTA CONDICIONES DE UN DEPÓSITO LACUSTRE ALTAMENTE INESTABLE FÍSICO-QUÍMICAMENTE INESTABLE Y POR ENDE MUY ACTIVO, POR LO QUE SE HACE IMPERATIVO REALIZAR PROCEDIMIENTOS QUE MITIGUEN ESTAS DOS CONDICIONES, YA QUE, EN CASO DE AFECTACIONES ANTRÓPICAS, TANTO LA INESTABILIDAD FÍSICOQUÍMICA Y SU ACTIVIDAD SE VERÁN ACELERADAS EN UN CORTO TIEMPO.

#### **4.1.2. LA FUNDAMENTACIÓN QUE SUSTENTA LAS OPINIONES DE LA ALTERNATIVA SANTA LUCÍA ES LA SIGUIENTE:**

EN LO REFERENTE A LA ALTERNATIVA PARA UTILIZAR EL ACTUAL AEROPUERTO DE SANTA LUCÍA, PODEMOS MENCIONAR QUE EL SUELO Y SUBSUELO EN EL QUE SE LOCALIZA ESTE, PRESENTA UN ENTORNO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO MÁS APROPIADO AL TENER CARACTERÍSTICAS QUE LE CONFIEREN UNA MAYOR ESTABILIDAD.

#### **5.- COMPARATIVA DE COSTOS (LAS AGRUPACIONES PUEDEN O NO INCLUIR UNA COMPARATIVA DE COSTOS, TOMANDO COMO BASE LO SIGUIENTE).**

**SE OMITEN COMENTARIOS**

#### **6.- CALIDAD DEL SERVICIO (LAS AGRUPACIONES PODRÁN O NO INCLUIR ESTE RUBRO EN BASE A LO SIGUIENTE).**



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



### **SE OMITEN COMENTARIOS**

#### **7.- ELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA**

LA PRESENTE OPINIÓN TÉCNICA CONCLUYE QUE, EN RELACIÓN CON EL TEMA DE NUESTRA ESPECIALIDAD, **LA ALTERNATIVA DE CONSTRUCCIÓN DEL AEROPUERTO ES VIABLE EN EL SITIO DONDE ACTUALMENTE SE LLEVA A CABO**, DE ACUERDO CON LOS SIGUIENTES PUNTOS:

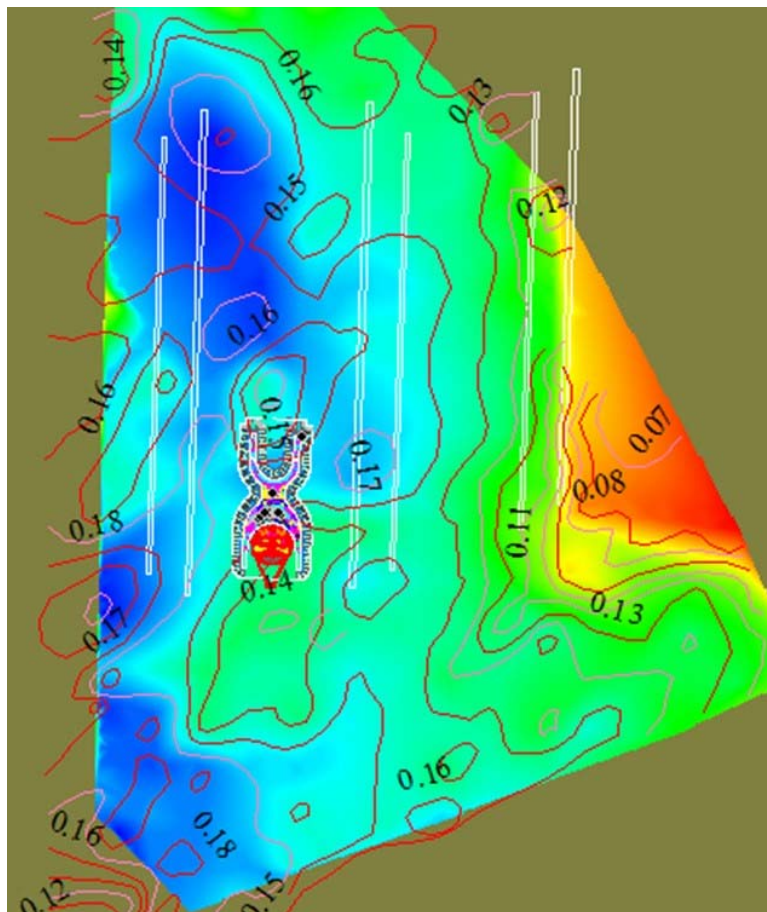
- 1. SE HA LLEVADO A CABO UN DAÑO POTENCIALMENTE IRREVERSIBLE AL SUBSUELO POR EL INADECUADO PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CON EL OBJETIVO DE CONSOLIDAR Y ESTABILIZAR AL SUELO Y SUBSUELO SUPERFICIAL.**
- 2. POR LO TANTO, EN CASO DE NO CONTINUAR CON LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN, ESTOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES Y PROCESOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERARÁN ACCIDENTES GEOTÉCNICOS EN LA ZONA QUE AFECTARÁN A LA POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA DEL ENTORNO DEL PROYECTO.**
- 3. SE RECOMIENDA REVISAR A LA BREVEDAD POSIBLE, LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS RELACIONADOS CON LA INESTABILIDAD DEL SUELO SOBRE EL QUE SE DESARROLLA EL PROYECTO DEL NAICM, DEBIENDO CONSIDERAR UN MEJORAMIENTO ADECUADO DEL MISMO, QUE GARANTICE INHIBIR SUSTANCIALMENTE ANTE TODO LA ACTIVIDAD DE TIPO BIOGÉNICA Y DE GENERAR NEOMINERALES (ARCILLAS) EN PERÍODOS DE TIEMPO BREVES, SIN QUE SE TENGA QUE CAMBIAR LA ESTRUCTURA DEL SUELO, ASÍ COMO LAS PROPIEDADES FÍSICAS ELEMENTALES DESCRITAS EN EL APARTADO 4.1.1. DEL PRESENTE DOCUMENTO.**



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



4. TODO PROCEDIMIENTO DE MEJORAR LAS CONDICIONES DEL SUELO Y SUBSUELO DENTRO DEL POLÍGONO, DEBERÁN ESTAR ESTABLECIDAS DENTRO DE UNA VISIÓN DE LA PROTECCIÓN CIVIL, POR LO QUE, SE DEBERÁN CONSIDERAR PROCEDIMIENTOS QUE MITIGUEN LOS EFECTOS COLATERALES PRODUCTOS DE LA ACELERACIÓN EN EL HUNDIMIENTO HASTA AHORA GENERADO EN LA ZONA.



EN ESTA IMAGEN LAS CURVAS REPRESENTAN LA VELOCIDAD DE HUNDIMIENTO DETERMINADA POR LA UNAM EN EL 2015 EN M/AÑO.

EN LA IMAGEN ANTERIOR, ES POSIBLE OBSERVAR QUE EL HUNDIMIENTO NATURAL EN LA ZONA SE ACENTÚA HACIA EL PONIENTE Y SURPONIENTE DEL SITIO DONDE SE

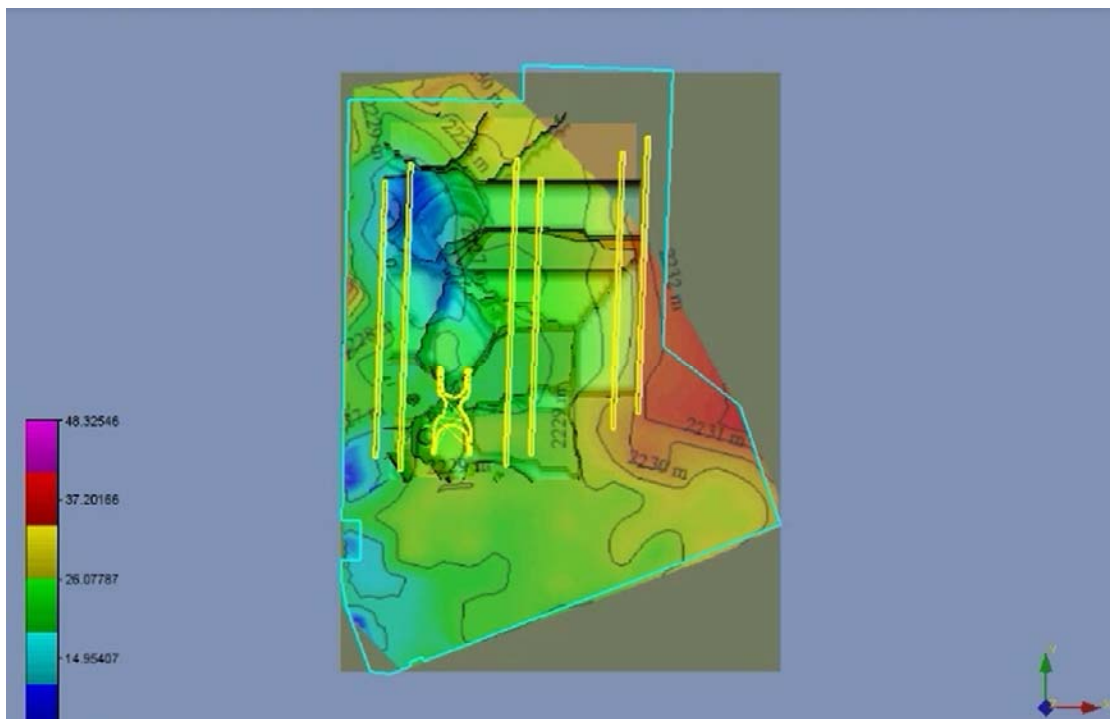




UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



CONSTRUYE EL NAICM. POR LO QUE, SE SUGIERE SE REALICE UNA PANTALLA DE MEJORAMIENTO EN EL EXTREMO PONIENTE DEL TERRENO EN CONSTRUCCIÓN, LO CUAL, DISMINUIRÁ LOS POTENCIALES EFECTOS DE HUNDIMIENTO Y DESLIZAMIENTO ACELERADOS POR EL HUNDIMIENTO INDUCIDO PRODUCTO DE LAS OBRAS PARA CONSOLIDAR O ESTABILIZAR AL SUELO DE SUSTENTO.



DE ACUERDO CON EL MODELO 3D GENERADO PARA ANALIZAR LOS RIESGOS DE TIPO GEOLÓGICO DENTRO DEL POLÍGONO DONDE SE REALIZAN LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DEL NAICM, FUE POSIBLE OBSERVAR QUE EL HUNDIMIENTO POTENCIAL ACELERADO QUE SE PRODUCIRÁ, ESTA ASOCIADO A UN SISTEMA DE AGRIETAMIENTO QUE GENERA LAS CONDICIONES PROPICIAS PARA EL DESLIZAMIENTO DE BLOQUE DE TERRENO PRINCIPALMENTE HACIA EL SURPONIENTE DEL POLÍGONO.

ASÍ MISMO, ESTA IMAGEN HACE RESALTAR QUE EL TERRENO DENTRO DEL POLÍGONO EN GENERAL PRESENTA UN PORCENTAJE MAYOR AL 50% DE ZONAS CON ALTO POTENCIAL A SUFRIR PROCESOS DE HUNDIMIENTO Y DESLIZAMIENTO.

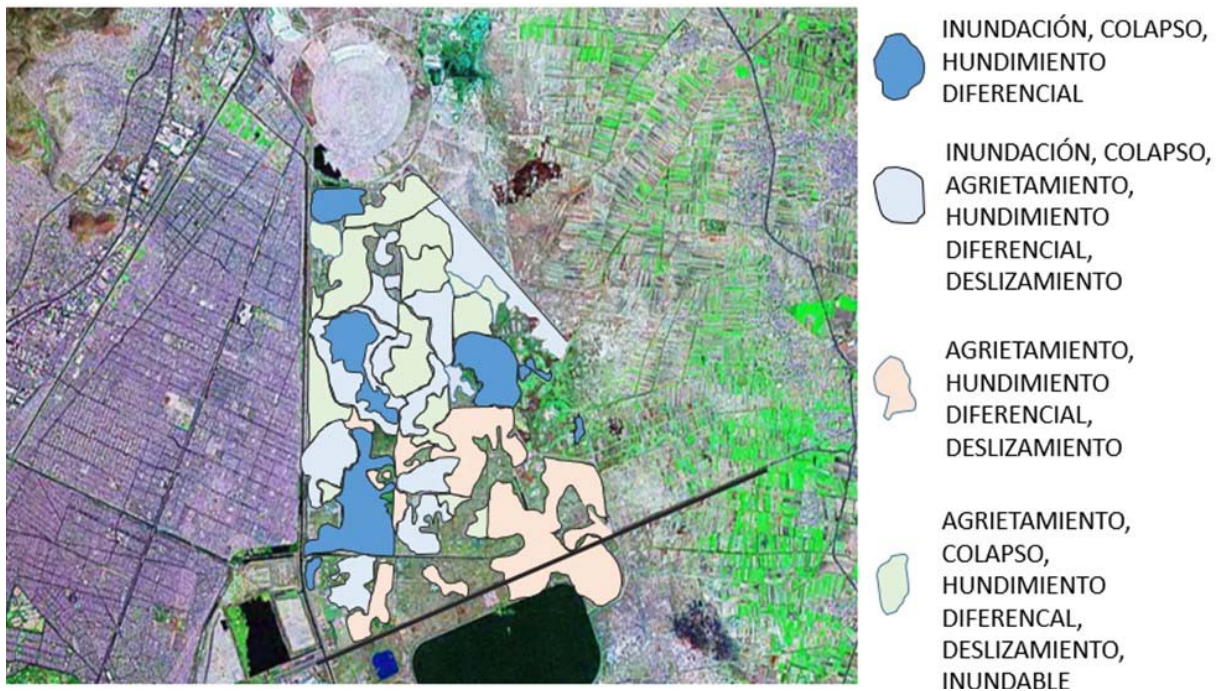


UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



ESTOS PROCESOS DE RIESGO PUEDEN SER MITIGADOS SUSTANCIALMENTE SIEMPRE Y CUANDO SEAN REALIZADOS TRABAJOS DE MEJORAMIENTO ADECUADOS DEL SUELO Y SUBSUELO.

**EN CASO DE ABANDONO DEL SITIO Y, NO HACER TRABAJOS DE MEJORAMIENTO, TANTO EL HUNDIMIENTO, COMO LOS DESLIZAMIENTOS IMPACTARÁN A TERRENOS COLINDANTES EN UN FUTURO INMEDIATO.**

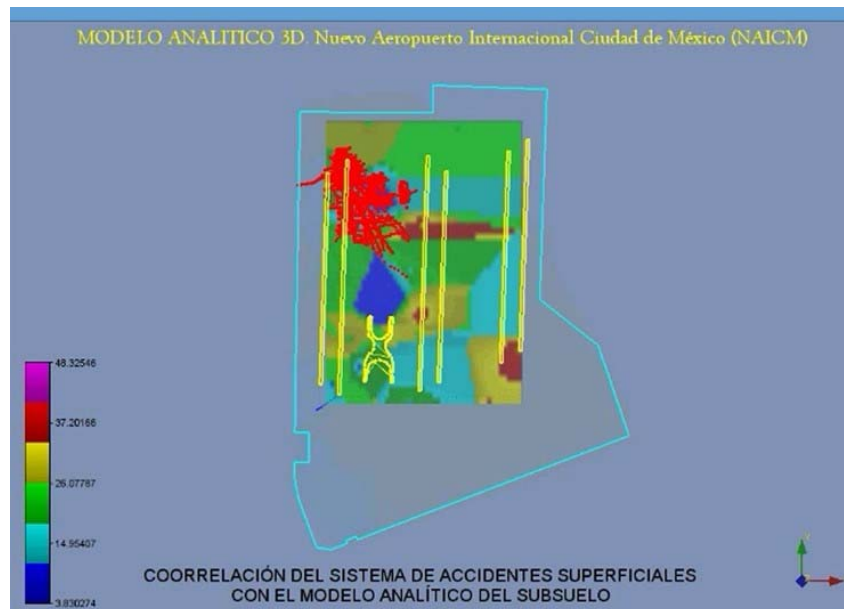
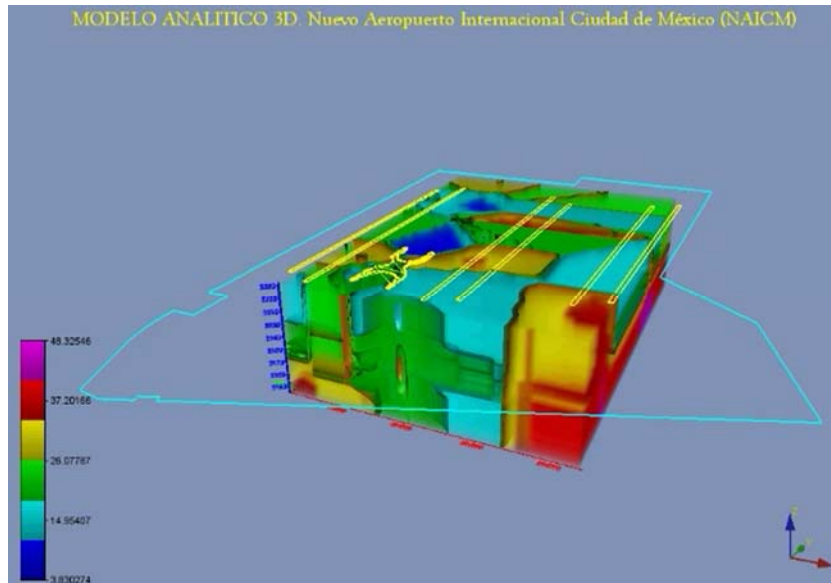


DIAGNÓSTICO DE RIESGO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO POTENCIALES.

OTRO DE LOS ASPECTOS PARA DEFINIR EL RIESGO GEOLÓGICO DENTRO DEL POLÍGONO DONDE SE CONSTRUYE AL NAICM, FUE LA IDENTIFICACIÓN DE RASGOS O ANOMALÍAS EN EL TERRENO, LO QUE DIO COMO PRODUCTO LA ZONIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TIPO GEOTÉCNICO QUE POTENCIALMENTE AFECTARÍAN Y AFECTAN AL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN, PERO QUE EN TIEMPO FUTURO NO GARANTIZAN LA SUSTENTABILIDAD DEL FUNCIONAMIENTO ADECUADO DE LA TERMINAL AÉREA.



UNIÓN MEXICANA DE  
ASOCIACIONES DE  
INGENIEROS, A.C.



IMÁGENES DONDE SE MUESTRA QUE EL ANÁLISIS REALIZADO FUE HASTA LA PROFUNDIDAD DE 80.00 METROS Y EN COLOR ROJO DE LA IMAGEN INFERIOR SE RATIFICAN TANTO LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ANOMALÍAS GEOTÉCNICAS SUPERFICIALES COMO LA FALTA DE CALIDAD EN EL SUBSUELO EN POR LO MENOS LOS PRIMEROS 20.00 METROS DE PROFUNDIDAD.